مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۳۲، شماره ۱، سال ۱۳۹۵

واکنش مراحل فنولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم نان با عادت‌های رشد متفاوت به تاخیر در کاشت

Response of Phenological Development Stages, Grain Yield and Yield Components of Bread Wheat Cultivars with Different Growth Habits to Delayed Planting

حمیدرضا شریفی

استادیار، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۳/۶

چکیده

شریفی، ح. ر. ۱۳۹۵. واکنش مراحل فنولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم نان با عادت‌های رشد متفاوت به تاخیر در کاشت. **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۳۲: ۴۴- ۲۱.**

به منظور بررسی واکنش تیپ‌های مختلف گندم به تاخیر کاشت، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۸۶-۱۳۸۴ در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اجرا شد. در این آزمایش تاریخ کاشت‌های (۲۰ مهر، ۲۰ آبان و ۲۰ آذر) در کرت‌های اصلی و ارقام گندم (پیشتاز و فلات به عنوان تیپ بهاره، توس و مهدوی به عنوان تیپ بینابین، سایسون و MV-17 به عنوان تیپ زمستانه) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که تاخیر کاشت از ۲۰ مهر تا ۲۰ آذر سبب کاهش عملکرد دانه (از ۷۱۴۶ به ۵۶۶۵ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد بیولوژیک (از۱۸۵۶۰ به ۱۳۴۱۰ کیلوگرم درهکتار)، تعداد سنبله در مترمربع (از ۵۵۱ به ۴۷۲ سنبله در مترمربع) و تعداد دانه در سنبله (از ۳۸ به ۳۶/۱) شد. تاخیر کاشت از ۲۰ مهر تا ۲۰ آذر همچنین موجب کاهش تعداد برگ ظاهر شده در مرحله ظهور برجستگی دوگانه (۶/۰ در برابر ۴/۲) و طول دوره‌های رویشی (۸۷۸ در برابر ۵۴۰ درجه- روز رشد)، زایشی قبل از گرده‌افشانی (۹۶۹ در برابر ۸۸۳ درجه- روز رشد)، پرشدن دانه (۸۱۵ در برابر ۶۶۲ درجه- روز رشد)، کاشت تا گرده‌افشانی (۱۸۴۷ در برابر ۱۴۲۳ درجه- روز رشد)، و کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک (۲۶۶۲ در برابر ۲۰۸۵ درجه- روز رشد) شد. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق اثر تاخیر کشت بر کاهش طول چرخه زندگی گیاه از طریق کاهش تمامی مراحل اصلی نمو (به ویژه دوره رویشی) اتفاق افتاد، ولی کاهش طول دوره رویشی در تیپ زمستانه به مراتب بیشتر از تیپ‌های بینابین و بهاره (به ترتیب ۴۰۰ در برابر ۳۲۸ و ۲۷۸ درجه- روز رشد) بود و حال آن که اثر تاخیر کاشت برکاهش طول دوره زایشی قبل از گرده‌افشانی در تیپ بهاره بیشتر از بینابین و زمستانه (به ترتیب ۱۴۸ در برابر ۹۰ و ۱۹ درجه- روز رشد) بود. دوره پرشدن دانه در تیپ‌های بهاره، بینابین و زمستانه نیز در تاریخ کاشت‌های تاخیری به ترتیب ۱۲۵، ۱۷۳ و ۱۶۱ درجه- روز رشد کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: گندم، فنولوژی، برجستگی دوگانه، گرده افشانی، تاریخ کاشت، رقم.

نویسنده مسئول: hrsharifi1349@yahoo.com تلفن: ۰۵۱۳۳۸۲۲۳۰۱

مقدمه

تاخیر کاشت یکی از مشکلاتی است که تقریباً درتمامی مناطق گندم‌کاری کشور متداول است و یکی از علل اصلی کاهش عملکرد ارقام گندم محسوب می‌شود. میزان کاهش عملکرد بسته به میزان تاخیر کاشت متفاوت بوده و نتایج برخی آزمایش‌ها بیانگر آن است که این میزان گاهی به بیش از۳۵٪ عملکرد دانه پتانسیل (در شرایط بدون تاخیر کاشت) می‌رسد (Jafarnezhad and Sharif-al-hosseini, 2011؛ Ezatahmadi, 2011).

فنولوژی و سرعت نمو به دلیل تاثیر بر طول دوره و زمان وقوع مراحل مختلف نمو و به تبع آن شرایط محیطی حاکم بر هریک از این مراحل، نقطه کلیدی سازگاری با شرایط متنوع محیطی (از جمله تاخیر کشت) است. نقطه قوت سرعت نموگندم آن است که مقدار آن تابعی از یک عامل محیطی نیست، بلکه براینـدی از چنـدین حس‌گر است که وظیفه درک محیط از جهات مختلف را بر عهده دارند (Slafer and Whitechurch, 2001). بسته به آن که گندم در چه منطقه‌ای تکامل یافته باشد، یک یا چند سازوکار نقش بیشتری در کنترل نمو و تعیین سازگاری گندم ایفا کرده و از این نظر ارقام گندم به سه دسته بهاره، زمستانه و بینابین تقسیم می‌شوند. گندم‌های با تیپ بهاره به گندم‌هایی اطلاق می‌شود که نیاز بهاره‌سازی (Vernalization) آن‌ها بسیار کم بوده و یا به طور کلی نیاز به بهاره‌سازی ندارند (Acevedo *et al.*, 2002). سرعت نمو در این گندم‌ها معمولاً تابعی از درجه حرارت است، هرچند که در بعضی ارقام بهاره که در برخی مناطق خیلی سرد (نظیر بعضی از مناطق کانادا و سیبری) به صورت بهاره کشت می‌شوند، سرعت نمو تحت اثر طول روز قرار دارد. در این ارقام و در کشت‌های زود، سرعت حرکت به سمت گلدهی کم و درکشت تأخیری، سرعت حرکت به سمت گلدهی بیشتر است (Slafer and Whitechurch, 2001؛ Curtis, 2002). در ارقام با تیپ زمستانه، حس کردن محیط مستقل از طول روز و در عین حال به گونه‌ای است که مراحل زایشی گندم (که به سرما حساس است) پس از سپری شدن فصل سرما به وقوع پیوندد. این امر در این نوع از گندم‌ها به وسیله سازوکاری بنام بهاره‌سازی انجام می‌شود (Slafer and Whitechurch, 2001). گندم‌های با تیپ بینابین به گندم‌هایی اطلاق می‌شود که از نظر نیاز بهاره‌سازی طیفی پیوسته (کمّی) بین گندم‌های بهاره و زمستانه را در بر می‌گیرند. گندم‌های بینابین با توجه به محیط کشت آن‌ها ممکن است از سازوکار حساسیت به طول روز برای تعیین گلدهی نیز برخوردار باشند (Slafer and Whitechurch, 2001). واکنش به بهاره‌سازی و طول روز و به عبارت دیگر درجه حرارت و طول روز دو سازوکارمهم گندم برای سازگاری و تنظیم زمان گلدهی و

انطباق آن با مناسب‌ترین شرایط محیطی در گندم است(Slafer and Rawson, 1994). البته اثر درجه حرارت بر نمو گیاه تنها از طریق بهاره‌سازی اعمال نمی‌شود و درجه حرارت در دامنه بالاتر از دماهای مناسب جهت بهاره‌سازی نیز مستقیماً بر سرعت نمو تأثیر می‌کند (Slafer and Whitechurch, 2001).

جلال کمالی و همکاران (Jalal-Kamali *et al.*, 2007) و جلال کمالی و شریفی (Jalal-Kamali and Sharifi, 2010) با مطالعه فنولوژی طیف وسیعی از تیپ‌های مختلف (زمستانه، بینابین و بهاره) ارقام تجاری گندم نان کشور دریافتند که در شرایط ثابت محیطی، طول دوره و سهم هریک از مراحل نمو در چرخه زندگی تیپ‌ها و ارقام مختلف گندم ایرانی متفاوت است. در این مطالعه، اثر طول مراحل مختلف نمو بر عملکرد دانه یکسان نبوده و این متغیر همبستگی معنی‌داری (مثبت و منفی) با عملکرد و اجزای عملکرد دانه داشت.

تغییر تاریخ کاشت با تغییر شرایط محیطی (عمدتاً درجه حرارت و طول روز) حاکم بر گیاه، رشد (Equiza *et al.*, 1997)، نمو، پنجه‌زنی (Sharratt, 1991؛ Sojka *et al.*, 1975)، ضرایب تخصیص (Tollenaar, 1989) و در نهایت عملکرد را تحت تاثیر قرار می‌دهد. نتایج مطالعات متعدد نشان داده است که اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر عملکرد دانه معنی‌دار است (Emam and Nicknezhad, 1994؛ Ezatahmadi, 2011؛ Jafarnezhad, 2009؛ Jafarnezhad and Sharif-al-hosseini, 2011)، به بیان دیگر واکنش ارقام گندم به تاخیر کاشت یکسان نبوده و برخی ارقام گندم سازگاری بیشتری با شرایط محیطی ناشی از تاخیر کاشت داشته و میزان افت عملکرد آن‌ها کمتر از سایرین است. از آن‌جا که تفاوت اصلی محصول در تاریخ کاشت‌های مختلف به دلیل آن است که دست کم در طی مراحل اولیه، رشد و نموگیاه در شرایط متفاوت نور و دما انجام شده است (Emam and Nicknezhad, 1994)؛ سازگاری بیشتر برخی ارقام به تاخیر کشت به منزله آن است این ارقام با بهره‌گیری از سازوکارهای متفاوت، قدرت انعطاف‌پذیری و خودکنترلی بیشتری در پاسخ به تغییر شرایط محیطی دارند.

شناخت این سازوکارها زمینه را برای کاربرد آن در تهیه ارقامی با سازگاری به تاخیر کاشت (که یکی از مشکلات مبتلابه کشت گندم در کشور است) فراهم می‌سازد (Danks *et al.*, 1983). این تحقیق با هدف شناخت بیشتر از تغییرات فنولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارقام گندم با عادت‌های مختلف رشد در پاسخ به تاخیر کاشت اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال‌های زراعی ۸۵-۱۳۸۴ و

۸۶-۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج انجام شد. محل اجرای آزمایش در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۳۱۲/۵ متر از سطح دریا قرار گرفته است. این منطقه دارای آب و هوای نیمه خشک است که میانگین بارندگی سالیانه آن حدود ۲۵۱ میلی‌متر، و حداقل و حداکثر مطلق دما به ترتیب ۲۰- و ۴۲ و میانگین سالیانه آن نیز ۱۴/۱ درجه سانتی‌گراد است.

بافت خاک محل اجرای آزمایش لومی رسی بوده و زمین محل اجرای آزمایش، سال قبل به صورت آیش رها شده بود. برای آماده‌سازی زمین جهت کاشت، در اوایل فصل پائیز شخم به عمق ۳۰ سانتی‌متر انجام شد. بعد از انجام شخم، برای نرم کردن و تسطیح خاک، دیسک و ماله زده شد. سپس زمین توسط شیارساز به جوی و پشته (با عرض ۶۰ سانتی‌متر) تبدیل و کرت‌بندی زمین برای کاشت انجام شد.

کاشت روی خطوطی با فاصله ۲۰ سانتی‌متر و با تراکم یکسان ۴۰۰ دانه در مترمربع برای تمام تاریخ‌های کاشت انجام و بلافاصله آبیاری انجام شد. میزان کود مصرفی با توجه به آزمون خاک و به میزان ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن (از منبع اوره) به نسبت مساوی در مراحل کاشت و اواخر پنجه‌دهی، و ۱۰۰ کیلوگرم فسفر (از منبع سوپر فسفات تریبل) در مرحله کاشت به زمین داده شد. به دلیل وجود و غالبیت علف‌های هرز پهن برگ (به خصوص پیچک و سلمه) برای مبارزه با علف‌های هرز از علف‌کش 2,4-D استفاده شد.

تیمارهای آزمایش شامل سه تاریخ کاشت (۲۰ مهر، ۲۰ آبان و ۲۰ آذر به عنوان تاریخ کاشت‌های زود، معمول و تاخیری) و شش رقم گندم (شامل ارقام پیشتاز و فلات با عادت رشد بهاره، توس و مهدوی با عادت رشد بینابین، و سایسون و MV-17 با عادت رشد زمستانه) بودند (Sharifi *et al.*, 2011) که به صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد مطالعه قرار گرفتند. در این مطالعه تاریخ کاشت در کرت اصلی و ارقام در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. اندازه هر کرت فرعی ۹ × ۲/۴ و هر کرت اصلی ۹ × ۱۸ متر بود و بین هر دو کرت فرعی یک پشته و بین هر دو کرت اصلی دو پشته فاصله منظور شد.

درجه روز رشد (Growing Degree Day, GDD) براساس رابطه:

$$GDD = \Sigma (T_{mean} - T_b)$$

محاسبه شد (Jalal Kamali *et al.,* 2007؛ Gilmore and Rogers, 1958) که در آن T_b: دمای پایه گندم (معادل صفر درجه سانتی‌گراد) و T_{mean}: میانگین تصحیح شده درجه حرارت هستند (دمای حداکثر و حداقل به ترتیب براساس دمای ۳۰ و صفر درجه

سانتی‌گراد تصحیح شده بودند).

صفات مورد اندازگیری شامل خصوصیات فنولوژیکی (شامل تعداد درجه- روز تا ظهور برجستگی دوگانه، تعداد درجه- روز تاگرده‌افشانی و تعداد درجه- روز تا رسیدگی فیزیولوژیک)، تعداد برگ کامل در مرحله ظهور برجستگی دوگانه، میانگین فیلوکرون در دوره کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه، عملکرد و اجزای عملکرد دانه (شامل تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه) و عملکرد بیولوژیک بود. زمان ظهور برجستگی دوگانه به وسیله دستگاه بینوکولار (استریومیکروسکوپ) و در پنج بوته تصادفی که به فاصله هر چهار روز یک بار از تمامی کرت‌ها برداشت شد، تعیین شد. ثبت زمان کامل شدن برگ بر مبنای ظهور یقه برگ و میانگین فیلوکرون در دوره کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه از تقسیم تعداد درجه روز رشد لازم برای ظهور برجستگی دوگانه بر تعداد برگ در این مرحله به دست آمد. زمان گرده‌افشانی بر مبنای ظهور بساک زرد و زمان رسیدگی فیزیولوژیک بر اساس زردشدن پدانکل ۵۰ درصد از بوته های کرت انجام شد (Kringwi *et al.* 2004؛ Kirby and Appleyard, 1987). تعیین تعداد سنبله در واحد سطح بر اساس شمارش تعداد سنبله در ۰/۶ مترمربع به دست آمد. برای به دست آوردن تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه، ابتدا ۵۰ سنبله به طور تصادفی انتخاب و سپس کوبیده، تعداد دانه آن‌ها شمارش و در نهایت توزین شد. میانگین تعداد دانه در سنبله از تقسیم تعداد دانه بر تعداد سنبله (یعنی ۵۰)، و میانگین وزن هزار دانه از تقسیم وزن دانه‌ها بر تعداد دانه تعیین شد.

برای تعیین عملکرد دانه، دو پشته کناری از هر کرت حذف و برداشت در سطح ۱۰/۸ متر مربع و با کمک کمباین آزمایشی غلات (وینتر اشتایگر) انجام شد. تعیین عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در سطح یک مترمربع انجام شد. فرآوری داده‌ها با استفاده ازنرم‌افزار EXCEL و محاسبات آماری با کمک نرم‌افزارهای SAS و MSTATC و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

جدول ۱ روند تغییرات روزانه درجه حرارت (حداکثر، حداقل و میانگین) و شکل ۱ زمان وقوع مراحل مختلف نمو و روند تغییرات طول روز کرج را در طی سال‌های اجرای آزمایش نشان می‌دهد. محاسبه طول روز در فاصله دو شدت ۰/۰۰۱ کالری بر سانتی‌متر مربع در دقیقه (قبل و بعد از طلوع خورشید) با استفاده از روش پیشنهادی کیسلینگ (Keisling, 1982) انجام شد.

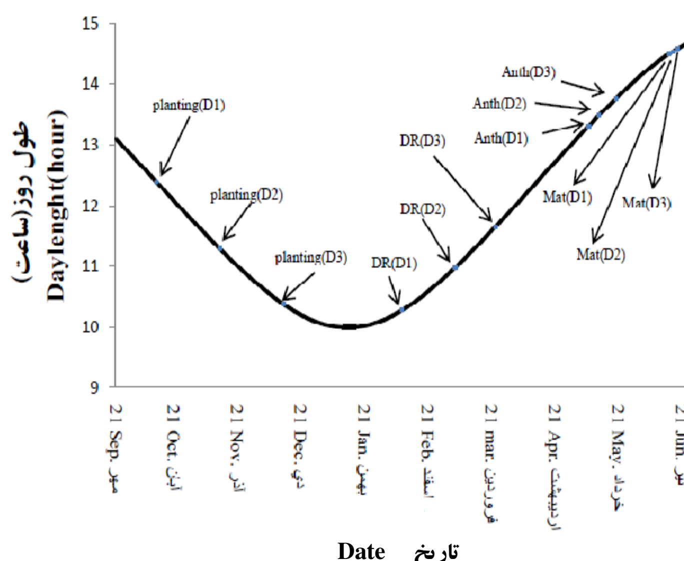
بر این اساس، ۶۰ روز اختلاف بین تاریخ‌های کشت اول و سوم در زمان کاشت به

جدول ۱- مقدار بارندگی، حداقل، حداکثر و میانگین درجه حرارت کرج در فصل رشد سال‌های ۸۶-۱۳۸۵

Table 1. Rainfal, min., max., and mean temperature in Karaj during growing seasons of 2005-2007

				درجه حرارت Temperature (ºC)		
Year سال	Month	ماه	بارندگی Rain (mm)	میانگین Mean	حداکثر Max.	حداقل Min.
۸۵-۱۳۸۴ 2005-2006	10 Oct. - 10 Nov.	مهر	1.8	20.5	28.0	13.0
	10 Nov. - 10 Dec.	آبان	28.5	10.6	16.0	5.2
	10 Dec. - 10 Jan.	آذر	5.6	7.2	13.1	1.4
	10 Jan. - 10 Feb.	دی	49.3	1.2	5.0	-2.7
	10 Feb. - 10 Mar.	بهمن	75.2	4.2	8.9	-0.5
	10 Mar. - 10 Apr.	اسفند	3.1	9.8	16.2	3.4
	10 Apr. - 10 May	فروردین	42.4	13.9	20.4	7.5
	10 May - 10 June	اردیبهشت	29.5	19.4	26.7	12.1
	10 June - 10 July	خرداد	2.5	24.7	32.3	17.1
۸۶-۱۳۸۵ 2006-2007	10 Oct. - 10 Nov.	مهر	48.6	20.2	26.8	13.6
	10 Nov. - 10 Dec.	آبان	37.2	12.4	17.4	7.4
	10 Dec. - 10 Jan.	آذر	18.2	2.9	7.2	-1.4
	10 Jan. - 10 Feb.	دی	24.1	-0.4	3.6	-4.4
	10 Feb. - 10 Mar.	بهمن	34.6	5.5	10.2	0.8
	10 Mar. - 10 Apr.	اسفند	25.0	6.6	11.2	2.1
	10 Apr. - 10 May	فروردین	118.3	11.6	16.5	6.7
	10 May - 10 June	اردیبهشت	62.5	17.9	24.4	11.4
	10 June - 10 July	خرداد	5.4	24.9	32.9	16.8

۴۴ روز در زمان ظهور برجستگی دوگانه کاهش یافت (شکل ۱). تجزیه واریانس مرکب داده‌های دو ساله نیز نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر مقدار درجه- روز رشد لازم برای ظهور برجستگی دوگانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (نتایج ارایه نشده است) و با تاخیر کاشت این مقدار از ۸۷۸ درجه- روز رشد در تاریخ کاشت اول به ۵۵۹ و ۵۴۰ درجه- روزرشد به ترتیب در تاریخ‌های کاشت دوم و سوم کاهش یافت (جدول ۲). این در حالی است که با تاخیر کاشت، میانگین درجه حرارت در دوره کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه کاهش یافت (جدول ۳). کیربی و همکاران (Kirby *et al.,* 1999) با مطالعه اثر تاریخ کاشت بر طول دوره‌های مختلف نمو ارقام مختلف گندم گزارش کردند که تاخیر کاشت سبب کاهش درجه- روز رشد لازم برای ظهور برجستگی دوگانه ارقام گندم مورد بررسی شد، و این کاهش را در ارتباط با تسریع تامین نیاز بهاره‌سازی در کشت‌های تاخیری توجیه کردند. شریفی و همکاران (Sharifi *et al.,* 2011) نیز



شکل ۱- زمان وقوع مراحل مختلف نمو و تغییرات طول روز در فصل رشد سال‌های ۸۶-۱۳۸۴ (بر مبنای ۲ درجه زیر سطح افق) در کرج (Keisling, 1982)

Planting:کاشت، DR: ظهور برجستگی دوگانه، Anth: گرده افشانی، Mat: رسیدگی فیزیولوژیک.

Fig. 1. Time of different developmental stages and day length variation during growing season (based on 2 degrees under horizons level) of 2005-2007 in Karaj (Keisling, 1982).

DR:Double ridge, Anth:Anthesis, Mat: Physiological Maturity.

جدول ۲- مقایسه میانگین طول مراحل مختلف نمو (درجه- روز رشد)، فیلوکرون و تعداد برگ گندم در مرحله ظهور برجستگی دوگانه در تاریخ کاشت‌های مختلف در کرج در سال‌های۸۶-۱۳۸۴

Table 2. Mean comparison of length of different developmental stages (GDD), phyllochron and leaf number at double ridge stage of wheat in various planting dates in Karaj during growing 2005-2007

تاریخ کاشت Planting date		کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه DR.	کاشت تا گرده‌افشانی Anth.	کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک Mat.	تعداد برگ در مرحله ظهور برجستگی دوگانه LN at DR	فیلوکرون در مرحله ظهور برجستگی دوگانه Phyllochron at DR. stage (GDD/leaf)
		-------- درجه- روز رشد (GDD) --------				
12 October	۲۰ مهر	878a	1847a	2662a	6.0a	151a
11 November	۲۰ آبان	559b	1461b	2221b	5.4b	110c
11 December	۲۰ آذر	540c	1423c	2085c	4.2c	130b

در هر ستون، میانگین‌های دارای حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵٪ با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن هستند.

تعداد برگ و فیلوکرون در مرحله ظهور برجستگی دوگانه متعلق به سال ۸۵-۱۳۸۴ است.

In each column, means with common letter sare not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range test.

Leaf number and phyllochron at DR stage belong to 2005-2006.
DR.: Sowing to double ridge, Anth.: Sowing to anthesis, Mat.: Sowing to physiological maturity, LN at DR: Leaf number at DR stage, GDD:Growing Degree Day.

جدول ۳- میانگین درجه حرارت و طول روز در مراحل مختلف نمو گندم در تاریخ‌های متفاوت کاشت در کرج در سال‌های ۸۶-۱۳۸۴

Table 3. Mean of temperature and day length in different developmental stages of wheat in various planting dates in Karaj during 2005-2007

تاریخ کاشت Planting date		Temperature (°C) درجه حرارت DR ۱۳۸۴-۸۵ 2005-06	DR ۱۳۸۵-۸۶ 2006-07	SE ۱۳۸۴-۸۵ 2005-06	SE ۱۳۸۵-۸۶ 2006-07	Anth ۱۳۸۴-۸۵ 2005-06	Anth ۱۳۸۵-۸۶ 2006-07
12 October	۲۰ مهر	7.1	6.3	11.4	10.2	9.2	7.9
11 November	۲۰ آبان	4.6	3.5	13.6	12.8	8.2	6.9
11 December	۲۰ آذر	4.8	2.8	15.3	15.4	8.9	7.9
		Temperature (°C) درجه حرارت					
		GF ۱۳۸۴-۸۵ 2005-06	GF ۱۳۸۵-۸۶ 2006-07	Mat ۱۳۸۴-۸۵ 2005-06	Mat ۱۳۸۵-۸۶ 2006-07		
12 October	۲۰ مهر	21.5	22.5	11.0	10.1		
11 November	۲۰ آبان	22.0	22.9	10.5	9.5		
11 December	۲۰ آذر	22.6	24.8	11.2	10.5		
		Day length (hr) طول روز(ساعت)					
		DR ۱۳۸۴-۸۵ 2005-06	DR ۱۳۸۵-۸۶ 2006-07	SE ۱۳۸۴-۸۵ 2005-06	SE ۱۳۸۵-۸۶ 2006-07	GF ۱۳۸۴-۸۵ 2005-06	GF ۱۳۸۵-۸۶ 2006-07
12 October	۲۰ مهر	10.8	10.7	11.6	11.8	11.1	11.2
11 November	۲۰ آبان	10.4	10.4	12.1	12.4	11.1	11.1
11 December	۲۰ آذر	10.4	10.6	12.5	12.9	11.2	11.3

DR، SE، Anth، GF و Mat به ترتیب دوره کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه، ظهور برجستگی دوگانه تا گرده‌افشانی، کاشت تا گرده‌افشانی، گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک و کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک.

DR: Sowing to double ridge, SE: Stem elongation, Anth: Sowing to anthesis, GF: Anthesis to physiological maturity, Mat:S owing to physiological maturity.

نشان دادند که اگر درجه حرارت محیطی کاملاً برای تامین نیاز بهاره‌سازی مساعد (دمای ۳ درجه سانتی‌گراد) بوده و نیاز بهاره‌سازی اشباع شود، روز تا سنبله‌دهی ارقام بهاره و زمستانه بیش از چند روز (حداکثر ۱۲ روز) با یک‌دیگر تفاوت نداشته و حال آن که در شرایط نامساعد محیطی برای تامین نیاز بهاره‌سازی (درجه حرارت‌های بالاتر از ۱۸ درجه سانتی‌گراد)، این تفاوت بسته به درجه تکمیل نیاز بهاره‌سازی به سرعت افزایش یافته و در شرایط عدم تامین کامل نیاز بهاره‌سازی به ۱۱۰ روز یا بیشتر می‌رسد. پورتر و گاویث (Porter and Gawith, 1999) در جمع‌بندی یازده مطالعه، درجه حرارت ۳/۸ تا ۶ درجه سانتی‌گراد را به عنوان موثرترین دما برای تامین نیاز بهاره‌سازی اعلام کردند. بررسی تغییرات درجه حرارت نشان می‌دهد که در محدوده ۲۰ مهر (تاریخ کاشت اول) تا ۲۰ آبان (تاریخ کاشت دوم)، میانگین دما در سال‌های زراعی ۵-۱۳۸۴ و ۸۶-۱۳۸۵ به ترتیب ۱۵/۳ (با دامنه

تغییرات ۹/۲ تا ۲۱/۳ درجه سانتی‌گراد) و ۱۶/۳ (با دامنه تغییرات۱۱/۳ تا۲۱/۳ درجه سانتی‌گراد) درجه سانتی‌گراد بود (داده‌ها نشان داده نشده است). چنین به نظر می‌رسد که در سال‌های مورد مطالعه و در ابتدای پاییز (که مصادف با تاریخ کاشت اوّل است)، تغییرات درجه حرارت برای تامین بهینه نیاز بهاره‌سازی کافی نبود (Slafer and Whitechurch, 2001) و این امر تامین و تکمیل نیاز بهاره‌سازی تاریخ کاشت اوّل را عمدتاً تا نیمه دوم پاییز (مشترک با تاریخ‌های کاشت دوّم و سوم) به تاخیر انداخته و این امر طولانی‌تر شدن (درجه- روز رشد بیشتر) ظهور برجستگی دوگانه در این تاریخ کاشت را به همراه داشت. کیربی و همکاران (Kirby *et al*., 1999)

نیز اثر تاخیر کاشت برکاهش درجه- روز رشد لازم برای ظهور برجستگی دوگانه ارقام گندم را در ارتباط با تسریع تامین نیاز بهاره‌سازی در کشت‌های تاخیری توجیه کردند.

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تفاوت طول دوره ازکاشت تا ظهور برجستگی دوگانه در میان ارقام گندم مورد بررسی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (نتایج ارایه نشده است) و ژنوتیپMV-17 و رقم پیشتاز با ۷۰۷ و ۶۲۴ درجه- روز رشد به ترتیب بیشترین و کمترین نیاز حرارتی لازم برای رسیدن به مرحله ظهور برجستگی دوگانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). MV-17 و سایسون ژنوتیپ‌های دارای عادت رشد زمستانه با نیاز بهاره‌سازی بالا و پیشتاز و فلات ارقامی با عادت رشد بهاره با نیاز بهاره‌سازی پایین‌تر هستند (Sharifi *et al*., 2011). مطالعات مختلف نشان داده است که طول دوره کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه در ارقام با عادت رشد بینابین و زمستانه طولانی‌تر از ارقام بهاره است (Stapper and Fischer, 1990؛ Jalal Kamali *et al*., 2007؛ Stefany, 1993). افزون بر این، بررسی نتایج تحقیق حاضر نشان‌دهنده آن است که طولانی‌تر بودن دوره رویشی ارقام زمستانه عمدتاً ناشی از تاخیر بیشتر در ظهور برجستگی دوگانه این ارقام در تاریخ کاشت اول (که در ابتدای پاییز درجه حرارت بهینه برای تامین نیاز بهاره‌سازی فراهم نبود) بود. در محیط گلخانه، نشان داده شده است که عدم تکمیل نیاز بهاره‌سازی سبب واکنش شدیدتر ارقام زمستانه (در مقایسه با ارقام بهاره) از طریق به تاخیر انداختن سنبله‌دهی این ارقام می‌شود (Sharifi *et al*., 2011). در محیط مزرعه نیز گزارش شده است که در تاریخ کاشت‌های زود، سرعت نمو ارقام زمستانه کمتر از ارقام بهاره (Kirby *et al*., 1985) و درجه- روز رشد لازم برای طول دوره کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه و سنبله‌دهی ارقام زمستانه بیشتر از ارقام بهاره (Kirby *et al*., 1999) بود و این امر در ارتباط با نیاز بهاره‌سازی ارقام زمستانه توجیه شد.

اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر درجه- روز رشد لازم برای ظهور برجستگی دوگانه در

جدول ۴- مقایسه میانگین طول مراحل مختلف نمو (درجه- روز رشد) فیلو کرون و تعداد برگ در مرحله ظهور برجستگی دوگانه در ارقام مختلف گندم در کرج در فصل رشد سال‌های۸۶-۱۳۸۴
Table 4. Mean comparison of length of different developmental stages (GDD), in various cultivars of wheat in Karaj during growing seasons 2005-2007

ارقام Cultivars		کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه DR.	کاشت تا گرده‌افشانی Anth.	کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک Mat.	تعداد برگ در مرحله ظهور برجستگی دوگانه LN at DR	فیلوکرون در مرحله ظهور برجستگی دوگانه Phyllochron at DR. stage (GDD/leaf)
		درجه- روز رشد (GDD)				
Pishtaz	پیشتاز	624e	1535d	2280d	4.9bc	131b
Falat	فلات	625e	1505e	2225e	4.6c	142a
Toos	توس	649d	1596b	2325c	4.9bc	134ab
Mahdavi	مهدوی	662c	1558c	2301cd	5.2b	128b
Soissons	سایسون	687b	1649a	2445a	5.8a	118c
MV-17		707a	1617b	2359b	5.6a	127bc

در هر ستون، میانگین‌های دارای حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵٪ با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن هستند.

تعداد برگ و فیلوکرون در مرحله ظهور برجستگی دوگانه متعلق به سال ۸۵-۱۳۸۴ است.

In each column, means with common letter sare not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range test.

Leaf number and phyllochron at DR stage belong to 2005-2006.
DR.: Sowing to double ridge, Anth.: Sowing to anthesis, Mat.: Sowing to physiological maturity, LN at DR: Leaf number at DR stage, GDD:Growing Degree Day.

سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (نتایج ارایه نشده است). بیشترین درجه- روز رشد لازم برای ظهور برجستگی دوگانه به ترتیب متعلق به رقم سایسون در تاریخ کاشت اول (۹۵۵ درجه- روز رشد) و کمترین آن در رقم فلات و تاریخ کاشت سوم (۵۲۸ درجه- روز رشد) به ثبت رسید (جدول ۵). بر این اساس در تاریخ کاشت سوم (۲۰ آذر) که شرایط برای بهاره‌سازی مساعد بوده (جدول ۳)، درجه- روز رشد لازم برای طی کردن دوره کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه در ارقام بهاره و زمستانه تفاوتی نداشتند، ولیکن کاشت زود (۲۰ مهر در مقایسه با ۲۰ آذر) سبب شد تا درجه- روز رشد لازم برای طی دوره کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه در ارقام پیشتاز، فلات، توس، مهدوی، سایسون و MV-17 به ترتیب ۲۸۲، ۲۹۱، ۳۰۲، ۳۵۴، ۴۱۸، و ۳۸۳ درجه- روز رشد افزایش یابد. به بیان بهتر نمو ارقام مهدوی، سایسون و MV-17 با سرعت بیشتری نسبت به سه رقم پیشتاز، فلات و توس به تاخیر کشت واکنش نشان داده و کاهش یافت (جدول ۵). چنین به نظر می رسد که با تاخیر کاشت، نیاز بهاره‌سازی ارقام مهدوی، سایسون و MV-17 با سرعت بیشتری (جدول ۳) تکمیل شده و لذا درجه- روز رشد لازم برای ظهور برجستگی

جدول ۵- اثر متقابل تاریخ کاشت × رقم برطول دوره (درجه- روز رشد)کاشت تاظهور برجستگی دوگانه در کرج در فصل رشد سال‌های۸۶-۱۳۸۴

Table 5. Planting date × cultivar interaction effect on duration (GDD) of planting to double ridge appearance in Karaj during growing seasons 2005-2007

تاریخ کاشت Planting date		پیشتاز Pishtaz	فلات Falat	توس Toos	مهدوی Mahdavi	سایسون Soissons	MV-17
		درجه- روز رشد (GDD)					
12 October	۲۰ مهر	823e	819e	847d	893c	955a	933b
11 November	۲۰ آبان	508j	527ij	555gh	556gh	570gh	639f
11 December	۲۰ آذر	541hi	528ij	545hi	539hi	537hi	550ghi

میانگین‌های دارای حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵٪ با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن هستند.

Means with common letters are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range test.

GDD: Growing Degree Day.

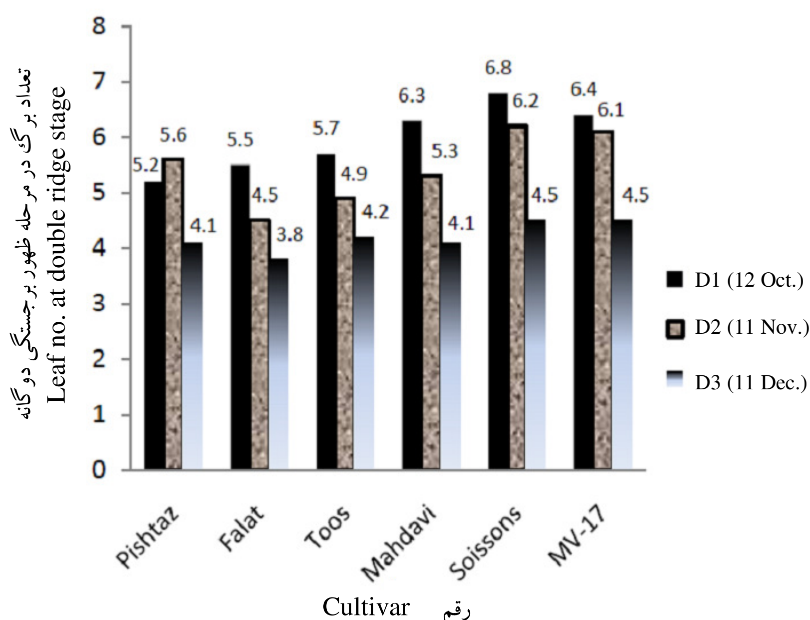
دوگانه با سرعت بیشتری کاهش یافت. اثر بیشترتاخیر کشت (از طریق تکمیل سریع‌تر نیاز بهاره‌سازی) بر تسریع نمو ارقام زمستانه (در مقایسه با ارقام بهاره) و کاهش بیشتر طول دوره کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه به تایید سایر محققین نیز رسیده است (Kirby *et al*., 1999؛ Kirby *et al*., 1985a, b؛ Kirby *et al*., 1985b). البته سایر عوامل محیطی (مانند طول روز) و ژنتیکی نیز بر واکنش گیاه به تکمیل نیاز بهاره‌سازی موثر بوده و این امر علت سازگاری ارقام مختلف گندم به بسیاری از اقلیم‌های متنوع است (Slafer and Whitechurch, 2001؛ Ortiz-Ferrara *et al*., 1998).

اثر تاریخ کاشت بر تعداد برگ ظاهر شده (بر مبنای ظهور یقه برگ) در مرحله ظهور برجستگی دوگانه در سال ۸۵-۱۳۸۴ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (نتایج ارایه نشده است). بر این اساس، تاخیر کاشت از ۲۰ مهر تا ۲۰ آذر سبب شد تا تعداد برگ ظاهر شده از ۶ به ۴/۲ کاهش یابد (جدول ۲). کیربی و همکاران (Kirby *et al*., 1985a, b) نیز با مطالعه اثر تاریخ کاشت بر نمو ارقام مختلف گندم و جو نشان دادند که تاخیر کاشت سبب کاهش تعداد برگ می‌شود. میانگین فیلوکرون ارقام مورد بررسی در فاصله کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه در تاریخ کاشت‌های اول، دوم و سوم به ترتیب ۱۵۱، ۱۱۰ و ۱۳۰ درجه- روز رشد بوده است (جدول ۲). این تغییرات نشان‌دهنده آن است که فیلوکرون کمیّت ثابتی نیست. محققان دیگر نیز نشان داده‌اندکه عدم تکمیل نیاز بهاره‌سازی سبب کاهش سرعت ظهور برگ می‌شود (Cao and Moss, 1991؛ Rawson *et al*., 1995). نتایج سایر پژوهشگران نیز نشان داده است سرعت ظهور برگ ثابت نبوده و

متناسب با تغییرتاریخ کاشت، تغییر می‌کند (Baker *et al*., 1980؛ Kirby *et al*., 1982؛ Kirby *et al*., 1985a, b). بر این اساس،گرچه روز تا ظهور برجستگی دوگانه و تعداد برگ هردو شاخصی از سرعت نمو گیاه هستند، ولی اثر عوامل محیطی بر این دو یکسان نبوده و این دو فرایند مستقل از یک دیگر از محیط تاثیر می‌پذیرند. اسلیفر و راوسون (Slafer and Rawson, 1995) نیز با بررسی اثر متقابل درجه حرارت و طول روز بر تعداد برگ و روز از کاشت تا سنبله‌دهی گزارش کردند که تعداد برگ و روز تا سنبله‌دهی تا حدودی مستقل از هم عمل می‌کنند. بر این اساس چنین استنباط می‌شود که نمی‌توان از تعداد برگ به عنوان شاخص مورفولوژیک و مزرعه‌ای ظهور برجستگی دو گانه یک رقم در شرایط متنوع محیطی استفاده کرد.

اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر تعداد برگ در مرحله ظهور برجستگی دوگانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (نتایج ارایه نشده است) و ارقام مهدوی، سایسون و MV-17 با شدت بیشتری نسبت به سه رقم پیشتاز، فلات و توس به تاخیر کشت واکنش نشان داده و تعداد برگ خود در مرحله ظهور برجستگی دوگانه را کاهش دادند (شکل ۲). کاهش بیشتر تعداد برگ در کشت تاخیری و در مرحله ظهور برجستگی دوگانه ارقام مهدوی، سایسون و MV-17 ناشی از کاهش بیشتر طول مرحله از کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه این ارقام بود (جدول ۴).

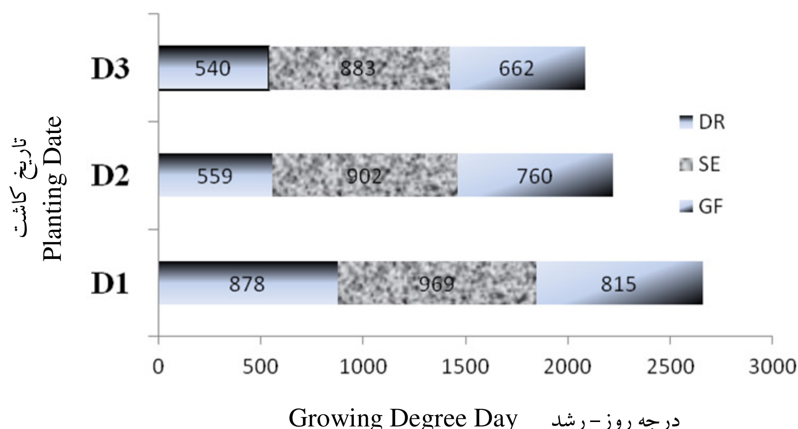
نتایج این پژوهش نشان داد که مراحل نمو (از جمله گرده‌افشانی) متناسب با تاخیر درتاریخ کاشت به تعویق نیافتاد (شکل ۱). همان‌طور که مشاهده می‌شود با پیشرفت نمو و نزدیک شدن به انتهای فصل، تفاوت طول دوره یک مرحله نمو خاص (برای مثال گرده‌افشانی) در تاریخ‌های مختلف کاشت کاهش یافته و به یک دیگر نزدیک شده است. وقوع این پدیده که در ارتباط با دمای بالای انتهای فصل قابل توضیح است (جدول‌های ۱ و ۳)، کاهش طول دوره‌های نمو در شرایط تاخیر کشت را سبب شد. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نیز نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر طول دوره کاشت تا گرده‌افشانی معنی‌دار بود (نتایج ارایه نشده است) و تاخیر کاشت از ۲۰ مهر به ۲۰ آبان و ۲۰ آذر سبب کاهش طول دوره از کاشت تا گرده‌افشانی از ۱۸۴۷ به ۱۴۶۱ و ۱۴۲۳ درجه- روز رشد شد (جدول ۱). این درحالی است که در نگاه نخست، تغییرات میانگین دمای این دوره زمانی در تاریخ کاشت‌های مختلف این روند تغییرات را توضیح نمی‌دهد (جدول ۲). طول دوره مرحله کاشت تا گرده‌افشانی متشکل از دو دوره کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه (دوره رویشی) و ظهور برجستگی دوگانه تا گرده‌افشانی (دوره زایشی قبل از گرده‌افشانی) است. نشان داده شده است که نیاز بهاره‌سازی مهم‌ترین عامل موثر بر طول دوره رویشی و



شکل ۲- اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر تعداد برگ در مرحله ظهور برجستگی دوگانه
Fig. 2. Planting date and cultivar interaction effect on leaf number at double ridge stage

در دوره زایشی، درجه حرارت مهم‌ترین عامل محیطی موثر بر سرعت نمو گندم است (Slafer and Whitechurch, 2001). بررسی میانگین درجه حرارت در دوره زایشی قبل از گرده‌افشانی بیانگر آن است که با تاخیر کاشت، میانگین درجه حرارت در این دوره افزایش یافت (جدول ۳)، که این افزایش موجب کاهش طول این دوره در تاریخ کاشت‌های تاخیری شد (شکل ۳). به بیان دیگر اثر تاخیر کاشت بر کاهش طول دوره مرحله کاشت تا گرده‌افشانی از طریق کاهش طول دوره مرحله رویشی (احتمالاً به دلیل تسریع تکمیل نیاز بهاره‌سازی ناشی از کاهش دما در کشت‌های تاخیری) و دوره زایشی قبل از گرده‌افشانی (به دلیل افزایش دما) رخ داد(شکل ۳). نظر به آن که طول دوره زایشی قبل از گرده‌افشانی با عملکرد دانه همبستگی مثبت داشته (Jalal Kamali and Sharifi, 2010) و این دوره از اهمیت زیادی در تعیین عملکرد دانه برخوردار است (Slafer *et al.*, 1990؛ Kirby, 1988؛ Fischer, 1985a ,b)، انتظار بر این است که کاهش طول این دوره با کاهش عملکرد همراه بوده و این امر یکی از دلایل احتمالی کاهش عملکرد دانه در کشت‌های تاخیری بود.

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر رقم بر طول دوره مرحله از کاشت تا گرده‌افشانی معنی‌دار بود (نتایج ارایه نشده است) و بیشترین و کمترین طول دوره این مرحله به ترتیب متعلق به ارقام سایسون (با ۱۶۴۹ درجه- روز) و فلات (با ۱۵۰۵ درجه- روز) بود(جدول۴). نتایج این

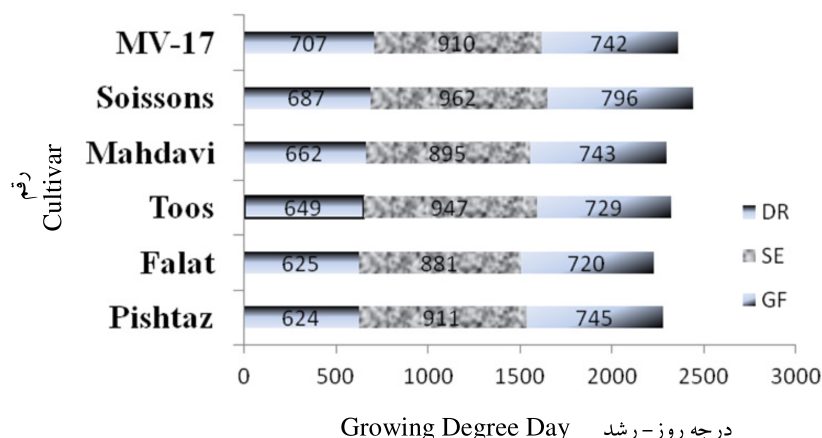


شکل ۳- طول مراحل مختلف نمو در تاریخ کاشت‌های مختلف (D1: ۲۰ مهر، D2: ۲۰ آبان، D3: ۲۰ آذر، DR: دوره رویشی (کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه)، SE: دوره طویل شدن ساقه (ظهور برجستگی دوگانه تا گرده‌افشانی)، GF: دوره پرشدن دانه (گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک).

Fig. 3. Duration of different developmental stages in different planting dates (D1: 12 October, D2: 11 November, D3: 11 December, DR: Vegetative stage (planting to double ridge), SE: Stem Elongation (double ridge to anthesis), GF: Grain Filling Stage (anthesis to physiological maturity).

پژوهش نشان داد که در سه تاریخ کاشت مورد مطالعه، طول دوره رویشی در ارقام با عادت رشد زمستانه بیشتر (بر حسب درجه- روز رشد) و طول دوره زایشی قبل از گرده‌افشانی(برحسب درجه- روز رشد) برابر یا بیشتر از ارقام با عادت رشد بهاره بود (شکل ۴).

در این پژوهش زمان رسیدگی فیزیولوژیک نیز متناسب با تاخیر کشت به تعویق نیافتاد، به طوری که تاخیر ۶۰ روزه در تاریخ کاشت (تاریخ کشت سوم نسبت به تاریخ کاشت اول) به ۶ روز تاخیر در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک کاهش یافت (شکل ۲). تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نیز نشان داد که اثر تاریخ کاشت برطول دوره مرحله کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک معنی‌دار بود (نتایج ارایه نشده است) و تاخیرکاشت سبب کاهش طول این دوره از ۲۶۶۲ درجه- روز رشد در تاریخ کاشت اول به ۲۲۲۱ و ۲۰۸۵ درجه- روز رشد به ترتیب در تاریخ‌های کاشت دوم و سوم شد (جدول ۲). تغییرات طول دوره مرحله از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک متناسب با تغییرات میانگین درجه حرارت در این دوره نبود (جدول‌های ۲ و ۳). بررسی تغییرات میانگین درجه حرارت به تفکیک مرحله نمو مبین آن است که میانگین درجه حرارت تاریخ کاشت سوم در دوره رویشی کمتر و در دوره زایشی و پرشدن دانه بیشتر از تاریخ کاشت اول بود (جدول ۳). این امر سبب کاهش دوره رویشی (در ارقام با عادت رشد زمستانه به دلیل تسریع در تامین نیاز بهاره‌سازی)، زایشی قبل از گرده‌افشانی و پرشدن دانه (به دلیل تسریع نمو ناشی از افزایش دما) گندم شد (جدول ۲) و در مجموع تجمع



شکل ۴-طول مراحل مختلف نمو در ارقام گندم (DR: دوره رویشی (کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه)، SE: دوره طویل شدن ساقه (ظهور برجستگی دوگانه تا گرده افشانی)،GF: دوره پرشدن دانه(گرده افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک).

Fig. 4. Length of different developmental stages in wheat cultivars (DR:Vegetative stage (planting to double ridge); SE:Stem elongation (double ridge to anthesis);GF: Grain filling stage (anthesis to physiological maturity).

واحدهای حرارتی در تاریخ کاشت سوم را کاهش داد (شکل ۳). در هریک از این مراحل نمو، یکی از اجزای عملکرد شکل گرفته و طول این مراحل (به ویژه در مراحل زایشی قبل از گرده‌افشانی و پرشدن دانه) اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه دارد (Jalal Kamali and Sharifi, 2010؛ Richards, 1996؛ Fischer, 1985a ,b؛ Abbate *et al.*, 1995). بنابراین انتظار می‌رفت که تغییرات درجه حرارت در تاریخ کاشت‌های تاخیری به واسطه کاهش طول مراحل نمو سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شود (جدول ۶).

تفاوت طول دوره مرحله کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک در میان ارقام گندم مورد بررسی معنی‌دار بود (نتایج ارایه نشده است) و رقم زمستانه سایسون با ۲۴۴۵ درجه- روز بیشترین و رقم بهاره فلات با ۲۲۲۵ درجه- روز رشد کمترین طول چرخه زندگی را به خود اختصاص دادند (جدول ۴).

تجزیه واریانس مرکب داده‌های دو ساله نشان داد که اثر تاریخ کاشت و رقم بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (نتایج ارایه نشده است). بیشترین عملکرد بیولوژیک در تاریخ کاشت اول (با ۱۸۵۶۰ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن در تاریخ کاشت سوم (با ۱۳۴۱۰ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (جدول ۶). تاخیر کاشت سبب کاهش طول چرخه زندگی گیاه شد (جدول ۲) و به نظر می‌رسد که این کاهش اثر زیادی بر کاهش تولید ماده خشک و عملکرد بیولوژیک در کشت‌های تاخیری داشت (جدول‌های ۲ و ۶). بیشترین عملکرد بیولوژیک در رقم پیشتاز (با ۱۷۴۹۰ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن در رقم سایسون (با ۱۴۷۵۰ کیلوگرم

جدول ۶- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه و شاخص برداشت گندم در تاریخ کاشت‌های مختلف در کرج در فصل رشد سال‌های۸۶-۱۳۸۴

Table 6. Mean comparison of biological yield,grain yield and its components and harvest index of wheat in different planting dates in Karaj during growing seasons 2005-2007

تاریخ کاشت Planting date		عملکرددانه Grain yield ($kgha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kgha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)	تعدادسنبله در مترمربع Spike No. per square meter	تعداد دانه در سنبله Grain No. per spike	وزن هزاردانه Thousand grain weight (g)
12 October	۲۰ مهر	7146a	18560a	38.8a	551a	38.0a	38.8a
11 November	۲۰ آبان	6543b	16550b	40.0a	531a	37.0ab	38.5a
11 December	۲۰ آذر	5665c	13410c	42.8a	472b	36.1b	38.4a

در هر ستون میانگین‌ها دارای یک حرف مشترک، فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵٪ هستند.

Means in each column with a common letter are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range test.

جدول ۷- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه در ارقام گندم در کرج طی فصل رشد سال‌های۸۶-۱۳۸۴

Table 7. Mean comparison of biological yield, grain yield and its components in different wheat cultivars in Karaj during growing seasons 2005-2007

رقم Cultivar		عملکرددانه Grain yield ($kgha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kgha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)	تعدادسنبله در مترمربع Spike No. per square meter	تعداد دانه در سنبله Grain No. per spike	وزن هزاردانه Thousand grain weight (g)
Pishtaz	پیشتاز	7294a	17490a	41.6ab	632a	33.1c	43.4a
Falat	فلات	6589b	16500abc	40.4b	543b	39.9a	36.0c
Toos	توس	5844c	15310bc	39.1b	509bc	36.1b	36.7c
Mahdavi	مهدوی	6416bc	17140ab	37.8b	497bc	36.4b	39.4b
Soissons	سایسون	6604b	14750c	45.1a	471bc	35.8b	37.2c
MV-17		5961bc	15870abc	38.9b	455c	40.7a	36.5c

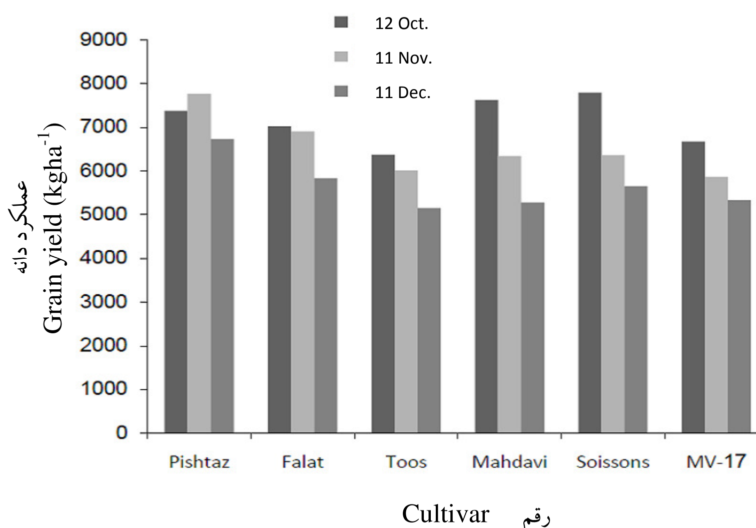
در هر ستون میانگین‌ها دارای یک حرف مشترک، فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵٪ هستند.

Means in each column with a common letter are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range test.

در هکتار) تولید شد (جدول ۷). بررسی نتایج این پژوهش نشان داد که در سال‌های انجام این تحقیق، میانگین عملکرد بیولوژیک ارقام با عادت رشد بهاره (با ۱۶۹۹۵ کیلوگرم در هکتار) بیشتر از ارقام با عادت رشد بینابین (با ۱۶۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) و زمستانه (با ۱۵۳۱۰ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول۷)، که نشان‌دهنده سازگاری ارقام با عادت رشد بهاره با کرج و نیز کشت‌های تاخیری این منطقه است.

تجزیه واریانس مرکب داده‌های عملکرد

دانه نیز نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر عملکرد دانـه در سـطح احتمـال ۱ درصـد معنـی‌دار بـود (نتایج ارایه نشـده اسـت). بـا تـاخیر در کاشـت، عملکـرد دانـه از ۷۱۴۶ کیلـوگرم در هکتـار در تاریخ کاشت اول به ۶۵۴۳ و ۵۶۶۵ کیلوگرم در هکتـار بـه ترتیـب در تـاریخ کاشـت‌هـای دوم و سـوم کـاهش یافـت (جـدول ۶). اثـر رقم نیـز بـر عملکـرد دانـه معنـی‌دار بـود (نتـایج ارایه نشده است) و رقم پیشتاز بـا ۷۲۹۴ و تـوس با۵۸۴۴ کیلوگرم در هکتار به ترتیـب بیشـترین و کمترین عملکرد دانـه را تولیـد کردنـد (جـدول ۷). نتایج این پژوهش نشان داد که در سال‌هـای اجرای این آزمایش، میـانگین عملکـرد دانـه در ارقامی با عادت رشد بهـاره (بـا ۶۹۴۲ کیلـوگرم در هکتار) بیشتر از ارقام با عادت رشد بینابین (با ۶۱۳۰ کیلـوگرم در هکتـار) و زمسـتانه (بـا ۶۲۸۳ کیلوگرم در هکتار) بـود (جـدول ۷). اثـر متقابـل تـاریخ کاشـت و رقـم بـر عملکـرد دانـه معنی‌دار بود (نتایج ارایه نشده است). ارقام گندم با عادت رشـدی مختلـف، واکـنش متفـاوتی بـه تـاریخ کاشـت نشـان دادنـد (شـکل ۵).



شکل ۵- اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر عملکرد دانه در کرج طی فصل رشد سال‌های۸۶-۱۳۸۴
Fig. 5. Planting date and cultivar interaction effect on grain yield in Karaj during growing seasons 2005-2007

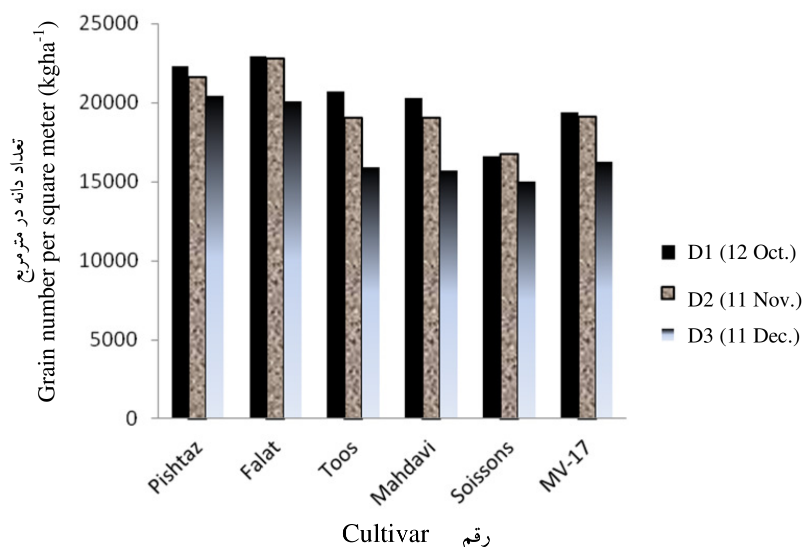
تاریخ کاشت مطلوب بـرای ارقـام تـوس و مهدوی (با عادت رشـدی بینـابین) و سایسـون و MV-17 (بـا عـادت رشـد زمسـتانه) ۲۰ مهـر (تـاریخ کاشـت اول) بـود و بـا تـاخیر کاشت عملکرد دانه کاهش یافت، در حالی کـه تاریخ کاشـت مطلـوب پیشـتاز (بـا عـادت رشـد بهـاره) ۲۰ آبـان (تـاریخ کاشـت دوم) بـود (شکل ۵). نکته دیگر آن که بـا وجـود عملکـرد یکسان ارقام با عادت رشـد زمسـتانه و بهـاره در تاریخ کاشت مطلـوب، در تـاریخ کاشـت سـوم

(کشت تاخیری) عملکرد ارقام با عادت رشد بهاره بیشتر از ارقام با عادت رشد بینابین و زمستانه بود. بر این اساس چنین استنباط می‌شود که با به تاخیر افتادن تاریخ کاشت درکرج، می‌توان از ارقام با عادت رشد بهاره نیز استفاده کرد.

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها دوساله این پژوهش نشان داد که اثر تاریخ کاشت و رقم بر تعداد سنبله در مترمربع در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (نتایج ارایه نشده است) و تاخیر کاشت سبب شد تا تعداد سنبله در مترمربع از ۵۵۱ در تاریخ کاشت ۲۰ مهر به ۵۳۱ و ۴۷۲ سنبله به ترتیب در تاریخ کاشت‌های ۲۰ آبان و ۲۰ آذر کاهش یابد (جدول ۶). بیشترین تعداد سنبله در واحد سطح متعلق به رقم پیشتاز (با ۶۳۲ سنبله) و کمترین آن مربوط به MV- 17 (با ۴۵۵ سنبله) بود (جدول ۷). اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر تعداد سنبله در واحد سطح معنی‌دار نبود.

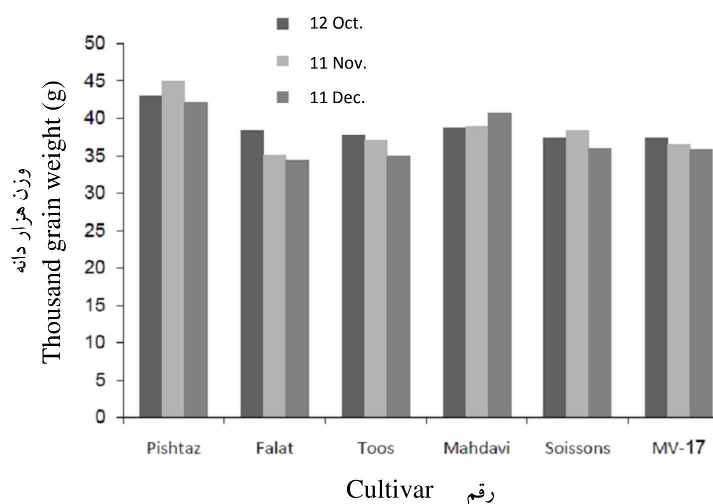
اثر تاریخ کاشت و رقم بر تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (نتایج ارایه نشده است) و تاخیر کاشت موجب کاهش تعداد دانه در سنبله از ۳۸ در تاریخ کاشت اول به ۳۷ و ۳۶/۱ به ترتیب در تاریخ کاشت‌های دوم و سوم شد (جدول ۶). بیشترین تعداد دانه در سنبله نیز در (با ۴۰/۷ دانه در سنبله) و کمترین آن در رقم پیشتاز (با ۳۳/۱ دانه در سنبله) تولید شد (جدول ۷).

تجزیه واریانس مرکب داده‌های دوساله این آزمایش نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر وزن هزار دانه معنی‌دار نبود(نتایج ارایه نشده است). در کلیه ارقام مورد بررسی، اثر تاخیر کاشت بر کاهش عملکرد دانه بیشتر از طریق کاهش تعداد دانه در واحد سطح (شکل ۶) و به خصوص تعداد سنبله در مترمربع بود (جدول ۶). اثر رقم بر وزن هزار دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (نتایج ارایه نشده است). بیشترین وزن هزار دانه متعلق به رقم پیشتاز (با ۴۳/۴ گرم) و کمترین آن به رقم فلات (با ۳۶ گرم) بود (جدول ۷). اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر وزن هزار دانه در سطح احتمال ۱ درصد نیز معنی‌دار شد (نتایج ارایه نشده است). بر این اساس با تاخیر کاشت در فلات، توس و MV-17، وزن هزار دانه نیز همانند تعداد دانه در مترمربع و عملکرد کاهش یافت (شکل ۷). این همراستایی در ارتباط با تداوم کاهش فراهمی محیط برای فتوسنتز و تولید مواد پرورده در شرایط کشت‌های تاخیری قابل توضیح است. افزایش وزن هزار دانه رقم مهدوی درتاریخ کاشت سوم (شرایط تاخیر کاشت) ناشی از کاهش تعداد دانه در واحد سطح و وجود اثر جبرانی بین اجزای عملکرد بود. در ارتباط با رقم پیشتاز نیز اگرچه می‌توان افزایش اولیه وزن هزار دانه به حفظ توان تولید و سازگاری بیشتر این رقم با تاریخ کاشت دوم نسبت داد، ولیکن کاهش بعدی وزن هزار دانه در تاریخ کاشت سوم ناشی از کاهش توان تولید این رقم در شرایط تاخیر کاشت است



شکل ۶- اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر تعداد دانه در مترمربع در کرج طی فصل رشد سال‌های ۸۶-۱۳۸۴.

Fig. 6. Planting date and cultivar interaction effect on grain number per square meter in Karaj during growing seasons 2005-2007



شکل ۷- اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر وزن هزار دانه در کرج طی فصل رشد سال‌های۸۶-۱۳۸۴

Fig. 7. Planting date and cultivar interaction effect on thousand grain weight in Karaj during growing seasons 2005-2007

(شکل‌های ۶ و ۷).

اثر تاریخ کاشت بر شاخص برداشت در سطح احتمال ۵ درصد غیر معنی‌دار و اثر رقم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (داده‌ها نشان داده نشده است). نتایج نشان داد که ارقام سایسون و مهدوی به ترتیب با ۴۵/۱ و ۳۷/۸ درصد بیشترین و کمترین شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند (جدول ۷) که علت این امر در ارتباط با عملکرد بیولوژیک پایین تر رقم سایسون قابل توضیح است.

تغییرات طول دوره مراحل اصلی نمو گندم در پاسخ به تغییر تاریخ کاشت در جدول ۷ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود تاخیر کاشت از ۲۰ مهر تا ۲۰ آذر سبب شد تا طول چرخه زندگی ارقام با عادت رشد بهاره،بینابین و زمستانه به ترتیب ۵۶۰ (یا۲۲٪)، ۵۹۱(یا۲۲٪)، و ۵۸۰(یا۲۱٪) درجه- روز رشد کاهش یابد. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، کاهش فوق از طریق کاهش تمامی مراحل اصلی نمو (به ویژه دوره رویشی) اتفاق افتاده است (جدول ۸)، ولیکن کاهش طول دوره رویشی در ارقام با عادت رشد زمستانه بیشتر از بینابین و بهاره (به ترتیب ۴۰۰ (یا۴۲٪) در برابر ۳۲۸ (یا ۳۸٪) و ۲۷۸ (یا ۳۵٪) درجه- روز رشد) بود و حال آن که اثر تاخیر کاشت برکاهش طول دوره زایشی قبل از گرده‌افشانی در ارقام با عادت رشد بهاره بیشتر از بینابین و زمستانه (به ترتیب ۱۴۸ یا ۱۵٪ در برابر ۹۰ یا ۹٪ و ۱۹ یا۲٪ درجه- روز رشد) بود.

جدول ۸- تغییرات طول دوره (درجه- روز رشد) و سهم (درصد) مراحل اصلی نمو در ارقام با عادت رشد متفاوت گندم در تاریخ کاشت‌های مختلف

Table 8. Duration (GDD) and contribution(%) of main developmental stages of different growth habit of wheat in different planting dates

تاریخ کاشت Planting date	مرحله نمو Developmental stage		Duration of stage طول مرحله			Contribution سهم		
			بهاره Spring	بینابین Facultative	زمستانه Winter	بهاره Spring	بینابین Facultative	زمستانه Winter
۲۰مهر 12 October	Vegetative	رویشی	821	870	944	32	33	34
	Reproductive	زایشی	978	977	951	38	37	35
	Grain filling	پر شدن دانه	783	807	856	30	30	31
	Life Cycle	چرخه زندگی	2582	2654	2751	100	100	100
۲۰آبان 11 November	Vegetative	رویشی	518	555	604	24	25	26
	Reproductive	زایشی	880	900	925	41	40	40
	Grain filling	پر شدن دانه	756	769	756	35	35	33
	Life Cycle	چرخه زندگی	2154	2224	2285	100	100	100
۲۰آذر 11 December	Vegetative	رویشی	534	542	544	26	26	25
	Reproductive	زایشی	830	887	932	41	43	43
	Grain filling	پر شدن دانه	658	634	695	33	31	32
	Life Cycle	چرخه زندگی	2022	2063	2171	100	100	100

منظور از دوره رویشی: کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه، دوره زایشی: ظهور برجستگی دوگانه تا گرده‌افشانی، پرشدن دانه:گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک است.

Vegetative:Sowing to double ridge, Reproductive: Double ridge to anthesis, Grain filling: Anthesis to physiological maturity.

تاخیر کاشت از ۲۰ مهر تا ۲۰ آذر سبب شد تا دوره پرشدن دانه نیز در ارقام با عادت رشد بهاره، بینابین و زمستانه نیز به ترتیب ۱۲۵ یا۱۶٪، ۱۷۳ یا۲۱٪ و ۱۶۱ یا ۱۹٪ درجه- روز رشد

کـاهش یابـد. در نتیجـه تـاخیر کاشـت، مراحـل اصلی نمو به یـک نسـبت کـاهش نیافـت و ایـن مراحل در ارقام با عادت رشد مختلف، واکـنش متفاوتی به تاخیرکاشت نشان دادنـد. بـه عبـارت دیگر سهم مراحل اصلی نمو در چرخـه زنـدگی ارقام با عادت رشد مختلف گندم در تاریخ‌هـای متفاوت کاشت یکسان نبود (جدول ۸). از آن‌جا که آغازش پنجه‌ها عمدتا در دوره رویشی گندم اتفاق می‌افتد، کاهش بیشتر طول دوره رویشی و نیز سـهم آن در کشـت‌هـای تـاخیری، بـه معنـی افزایش احتمال کاهش تعداد سـنبله در ارقـام بـا عادت رشد زمستانه (در مقایسه با ارقام با عـادت رشد بهاره) و در شرایط کشت‌های تاخیری بود. ظهور برجستگی دوگانه تمایز بین دوره رویشـی و زایشــی و مرحلـه کلیـدی سـازگاری گنـدم محسوب شده و زمان ظهـور برجسـتگی دوگانـه در ارقام با عادت رشد بهـاره از انعطـاف‌پـذیری بیشتری نسبت به تاخیر کاشت برخـوردار بـود و این موجب سازگاری بیشتر این ارقام در پاسخ به تاخیر کاشت در کرج شد.

References

Abbate, P. E., Andrade, F. H., and Culot, J. P. 1995. The effect of radiation and nitrogen on number of grains in wheat. Journal of Agricultural Science 124: 351-360.

Acevedo, E., Silva, P., and Silva, H. 2002. Wheat growth and physiology. pp:39-70. In: Curtis, B. C., Rajaram, S., and Gomez Macpherson, H. (eds.). Bread Wheat. Improvement and Production. Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome, Italy.

Baker, C. K., Gallagher J. N., and Monteith, J. L. 1980. Daylength and leaf appearance in winter wheat. Plant and Cell Environment 3: 285-287.

Cao, W., and Moss, D. N. 1991. Vernalization and phyllochron in winter wheat. Agronomy Journal 83: 178-179.

Curtis, B. C. 2002. Wheat in the World. pp:1-17, In: Curtis, B. C., Rajaram, S., and Gomez Macpherson, H. (eds.). Bread Wheat. Improvement and Production. Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome, Italy.

Danks, S. M., Evans, E. H., and Whittaker, P. A. 1983. Photosynthetic Systems – Structure, Function and Assembly . Wiley, New York, USA. 174pp.

Emam, Y., and Niknejad, M. 1994. An Introduction to the Physiology of Crop Yield. Shiraz University Press. Shiraz, Iran. 571pp (in Persian).

Equiza, M. A., Mirave, J. P., and Tognetti, J. A. 1997. Differential inhibition of shoot vs. root growth at low temperature and its relationship with carbohydrate accumulation in different wheat cultivars. Annals of Botany 80: 657-663.

Ezatahmadi, M. 2011. Effect of planting date on yield and some phonological traits of bread wheat lines/cultivars. Proceedings of the 13th Iranian Crop Science Congress and 3rd Iranian Seed Science and Technology Conference, Karaj, Iran (in Persian).

Fischer, R. A. 1985a. Number of kernel in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. Journal of Agricultural Science 100: 447-461.

Fischer, R. A. 1985b. Physiological limitation to producing wheat in semitropical and tropical environments and possible selection criteria. pp: 209-230. In:Villareal, R. L., and Klatt, A. R. (eds.). Proceedings of International Symposium: Wheats for More Tropical Enviroments. Mexico, DF, CIMMYT, Mexico.

Gilmore, E. C., and Rogers, J. S. 1958. Heat units as a method of measuring maturity in corn. Agronomy Journal 50: 611-615.

Jafarnezhad, A. 2009. Determination of optimum sowing date for bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars with different flowering habits in Neishabour. Seed and Plant Production Journal 25-2(2): 117-135 (in Persian).

Jafarnezhad, A., and Sharif-al-hosseini, M. 2011. Response of spring wheat cultivars to different planting dates in Neishabour. Iranian Journal of Field Crops Research 8(6): 983-994 (in Persian).

Jalal Kamali, M. R., and Sharifi, H. R. 2010. Variation in developmental stages and its relationships with yield and yield components of bread wheat cultivars under field conditions: II- Yield and yield components. Seed and Plant Production Journal 26-2(1): 1-23 (in Persian).

Jalal Kamali, M. R., Sharifi, H. R., Khodarahmi, M., Jokar, R., Torkaman, H., and Ghavidel, N. 2007. Variation in developmental stages and its relationships with yield and yield components of bread wheat cultivars under field conditions: I- Phenology. Seed and Plant 23(4): 445-472 (in Persian).

Keisling, T. C. 1982. Calculation of length of day. Agronomy Journal 72: 758-759.

Kirby, E. J. M. 1988. Analysis of leaf , stem, and ear growth in wheat from terminal spikelet stage to anthesis. Field Crops Research 18: 127-140.

Kirby, E. J. M., and Appleyard, M. 1987. Cereal Development Guide. Stoneleigh, Kenilworth, UK, NAC Cereal Unit. 85pp.

Kirby, E. J. M., Appleyard, M., and Fellows, G. 1982. Effect of sowing date on the temperature response of leaf emergence and leaf size in barley. Plant and Cell Environment 5: 477-484.

Kirby, E. J. M., Appleyard, M., and Fellows, G. 1985a. Effect of sowing date and variety on main shoot leaf emergence and number of leaves of barley and wheat. Agronomie 5(2): 117-126.

Kirby, E. J. M., Appleyard, M., and Fellows, G. 1985b. Variation in development of wheat and barley in respons to sowing date and variety. The Journal of Agricutural Science 104(2): 383-396.

Kirby, E. J. M., Spink, J. H., Frost, D. L., Sylvester-Bradley, R., Scott, R. K., Foulkes, M. J., Clare, R. W., and Evans, E. J. 1999. A study of wheat development in the field: analysis by phases. European Journal of Agronomy 11: 63-82.

Kringwi, F. M., van Ginkel, M., Terthwan, R., Sears, R.G., Rajaram, S., and Paulsen, G.M. 2004. Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. Euphytica 135: 361-371.

Ortiz-Ferrara, G., Mosaad, M. G., Mahalakshmi, V., and Rajaram, S. 1998. Photoperiod and vernalization response of Mediterranean wheats, and implications for Adaptation. Euphytica 100: 377-384.

Porter, J. R., and Gawith, M. 1999. Temperature and the growth and development of wheat: A review. Eurpean Journal of Agronomy 10: 23-36.

Rawson, H. M., Zajac, M., and Penros, L. D. J. 1995. Effect of seedling temperature and its duration on development of wheat cultivars differing in vernalization response. Field Crops Research 57: 289-300.

Richards, R. A. 1996. Increasing the yield potential of wheat: manipulating sources and sinks. pp. 134-149. In: Reynolds, M. P., Rajaram, S., and Mc. Nab, A. (eds.) Increasing Yield Potential in Wheat: Breaking the Barriers. Mexico, DF, CIMMYT, Mexico.

Sharifi, H. R., Kiani, M. R., and Ghorbani, A. 2011. Response of some bread wheat genotypes to vernalization. Seed and Plant Production Journal 27-2(2): 129-145 (in Persian).

Sharratt, B. S. 1991. Shoot growth, root length density, and water use of barley grown at different soil temperature. Agronomy Journal 83: 237-239.

Slafer, G. A., Andrade, F. H., and Satorre, E. H. 1990. Genetic-improvement effects on preanthesis physiological attributes related to wheat grain yield. Field Crops Research 23: 255-263.

Slafer, G. A., and Rawson, H. M. 1994. Sensitivity of wheat phasic development to major environmental factor: A re-examination of some assumptions made by phsiologists and modellers. Australian Journal of Plant Physiology 21: 393-426.

Slafer, G. A., and Rawson, H. M. 1995. Photoperiod×temperature interactions in contrasting wheat genotypes: time to heading and final leaf number. Field Crops Research 44: 73-83.

Slafer, G. A., and Whitechurch, E. M. 2001. Manipulating wheat development to improve adaptation. In: Reynolds, M. P., Ortiz-Monasterio, J. I., and McNab, A. (eds.) Application of Physiology in Wheat Breeding. Mexico, D. F.: CIMMYT, Mexico.

Sojka, R. E., Stolzy, L. H., and Kaufmann, M. R. 1975. Wheat growth related to rhizospher temperature and oxygen levels. Agronomy Journal 67: 591-596.

Stapper, M., and Fischer, R. A. 1990. Genotype, sowing date and plant spacing influence on high-yielding irrigated wheat in southern New South Wales. I. Phasic development, canopy growth and spike production. Australian Journal of Agricultural Research 41: 997-1019.

Stefany, P. 1993. Vernalization requirement and response to daylength in guiding development in wheat. Wheat Special Report No. 22, Mexico, DF, CIMMYT, Mexico. 37 pp.

Tollenaar, M. 1989. Response of dry matter accumulation in maize to temperature: I. Dry matter partitioning. Crop Science 29: 1239-1246.